

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-320208

(43)Date of publication of application : 03.12.1996

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

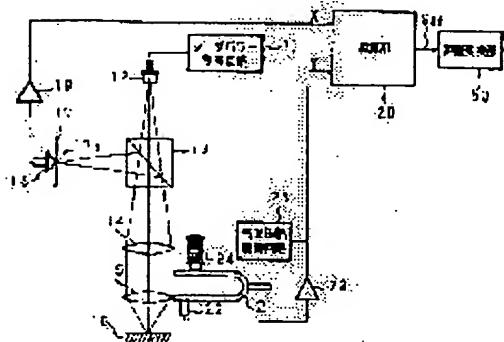
(21)Application number : 07-164449 (71)Applicant : KEYENCE CORP

(22)Date of filing : 25.05.1995 (72)Inventor : AKIYAMA MASAHIKO

(54) DISPLACEMENT METER

(57)Abstract:

PURPOSE: To measure the displacement of the surface of an object to be measured at high precision even through a light transmissive material.



CONSTITUTION: A displacement meter consists of a laser diode 12 to radiate light rays to an object to be measured 16 and a second light rays limiting diaphragm part 29 arranged so as to move relatively to a lens 15 installed between the laser diode 12 and the object to be measured 16 and moreover the meter is provided with a tuning fork 21 to vibrate the lens 15, a pin hole 17a where reflected light rays from the object to be measured 16 pass, a photodiode 18 to receive light rays which pass the pin hole 17a, a computing part 20 to

capture a detected position signal of the lens 15 at the time when the quantity of light rays reception by the photodiode 18 becomes the maximum, and a distance conversion part 50 to convert the captured detected position signal into the distance.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application]

other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the displacement gage which measures the variation rate of the front face of a device under test based on the light income which is made to converge the light in which the light-emitting part carried out outgoing radiation, and has the lens made to project on a device under test, and the light sensing portion which receives the reflected light from a device under test, and this light sensing portion received A migration means to move at least one lens in the direction of an abbreviation optical axis among said lenses, The location detecting element which detects the location of the lens moved by this migration means, The 1st optical converging section arranged ahead of the light sensing portion which receives the reflected light from a device under test, The displacement gage characterized by having a means to catch the detection position signal which said location detecting element outputs at the maximum event of the light income of said light sensing portion, a means to ask for the variation rate of the front face of a device under test based on the detection position signal which caught, and the 2nd optical converging section arranged the front or behind said lens.

[Claim 2] It is the displacement gage according to claim 1 constituted by the solenoid or piezoelectric device which drives the tuning fork with which said

migration means is an excitation means to vibrate said lens moved with the predetermined amplitude, and said excitation means connected said lens moved, and this tuning fork.

[Claim 3] The displacement gage according to claim 2 which has connected said lens moved with the end and the other end of said tuning fork of said excitation means, respectively.

[Claim 4] Claim 1 which forms said 1st optical converging section by the pinhole or the slit, and is constituted thru/or a displacement gage according to claim 3.

[Claim 5] Claim 1 which forms said 2nd optical converging section by the hole or the slit, and is constituted thru/or a displacement gage according to claim 4.

[Claim 6] The displacement gage according to claim 5 the diameter of the hole which is said 2nd optical converging section, or whose width of face of a slit is abbreviation one half to the diameter of the flux of light in the location where said 2nd optical converging section is arranged and which is constituted like.

[Claim 7] Claim 1 equipped with the slide means to which said 2nd optical converging section is made to slide thru/or a displacement gage according to claim 6.

[Claim 8] The 2nd [said] claim 1 with an optical removable converging section thru/or displacement gage according to claim 6.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention projects light on the front face of device under tests, such as a metal, resin, paper, and a ceramic, and relates to the displacement gage which measures the variation rate of the front face of a device under test. However, the thing of the field in which the light on which it was projected reflects the "front face" used here, i.e., an interface, is said. For example, when light is projected on the matter with the translucency of glass etc., although an echo takes place with the front face and rear face of glass, it is considered that both

these two fields are front faces.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, the focus inspection appearance type non-contact displacement gage is used for the equipment which measures the variation rate of the front face of device under tests, such as a metal and resin. drawing 13 -- a journal "opto-electronics contact Vol.26, No.11 (1988)" -- Foucault shown in the 775th page -- it is the typical block diagram of the focus inspection appearance type non-contact displacement gage by law. It is projected on the outgoing radiation light of a laser diode 1 through a lens 2, the light wave division prism 3, and a lens 4 to a device under test 5.

[0003] After reflecting by the light wave division prism 3, the reflected light from a device under test 5 passes along the light wave division prism 6, and each which detects the focusing point of the light projected on the device under test 5 carries out incidence to the photo diodes 7a and 7b of 2 division. The electrical signal by which photo electric translation was carried out with photo diodes 7a and 7b is inputted into the differential amplifier 8. The control section 9 consists of lens positioning-control-circuit 9a, data-processing circuit 9b, and display circuit 9c, and the output signal of the differential amplifier 8 is inputted into lens positioning-control-circuit 9a. the electromagnetism to which the control signal outputted from lens positioning-control-circuit 9a carries out downward moving of the lens 4 a top in the direction of an optical axis -- it is given to a coil 10.

[0004] Next, actuation of this non-contact displacement gage is explained. If light is projected from a laser diode 1 to a device under test 5, it will reflect by the light wave division prism 3, and incidence of the reflected light from a device under test 5 will be carried out to photo diodes 7a and 7b. If the distance of a lens 4 and a device under test 5 changes here, the angle of divergence of the reflected light bundle from a device under test will change, and a difference will arise in the light income of photo diodes 7a and 7b. And the signal according to the difference of light income is outputted from the differential amplifier 8, and it is inputted into lens positioning-control-circuit 9a. And to a device under test 5, when the focusing point of the outgoing radiation light from a laser diode 1 arises, each light income of photo diodes 7a and 7b becomes equal, and the output signal of the differential amplifier 8 is extinguished.

[0005] Thus, it will be detected whether the focusing point of the light in which the laser diode 1 carried out outgoing radiation based on the light income of photo diodes 7a and 7b has arisen in the device under test. then, a focusing point arises in a device under test so that the light income of photo diodes 7a and 7b may become equal that is, -- as -- the control signal from lens positioning-control-circuit 9a -- electromagnetism -- if a coil 10 is driven and downward moving of the location of a lens 4 is carried out a top, the controlled variable which moves a lens up and down will be equivalent to the variation rate of the front face of a device under test, and will have measured the variation rate of the front face of a device under test with the

controlled variable.

[0006] However, when the so-called unlicensed light with which the light projected on the device under test 5 is hidden in the interior of a device under test 5 occurs, it will dive into the front face of a device under test 5, and the flare of the light of the three dimension by light will arise, each of two photo diodes 7a and 7b will receive the light which the focusing point has produced, and the light which has spread by unlicensed light, and a difference produces it in the light income of photo diodes 7a and 7b. The light which "an unlicensed light of the reflected light by the "front face" mentioned above" here is another, for example, enters into the matter, reflects it in the part which is not an interface, and comes out of this matter does not call it the reflected light by the "front face", but turns into "an unlicensed light."

[0007] On the other hand, when the stray light has occurred within a laser diode 1 etc. apart from it, it is projected on the stray light near the location which the focusing point has produced on the front face of a device under test 5, therefore two photo diodes 7a and 7b receive the light which the focusing point has produced, and the light by the stray light, and a difference produces them in the light income of photo diodes 7a and 7b also in this case. Therefore, when an unlicensed light or the stray light has arisen, even if the focusing point of the light in which the laser diode 1 carried out outgoing radiation has arisen in the device under test 5, the light income of two photo diodes 7a and 7b does not become equal, but the problem that an error arises is in the value which measured the variation rate of the front face of a device under test 5. The stray light said here points out the light which is generated according to causes other than refraction of the normal generated within an optical instrument, or an echo and which is not desirable.

[0008] In order to solve this problem, the measuring method as shown in drawing 1 is proposed. As shown in drawing 1, the outgoing radiation light from a laser diode C is completed to a device under test B through a beam splitter D, Lens L, and Lens A, and it projects. If Lens A is vibrated in the direction of an optical axis shown by the arrow mark with the predetermined amplitude, the location of Lens A will change like the curve Q shown in drawing 2. And the distance of Lens A and a device under test B changes. It reflects by the beam splitter D and incidence of the reflected light from a device under test B is carried out to a light sensing portion E through optical converging section F. Whenever the focusing point of the light projected on the device under test B arises twice on a device under test B and a focusing point arises in 1 period of an oscillation of Lens A, the light income of a light sensing portion E becomes max. That is, when Lens A and a device under test B become predetermined distance, a focusing point arises on a device under test B.

[0009] Then, before Lens A carries out a closest approach to a device under test B when light is projected on the height location low [the] noting that the variation rate (height) of the front face of a device under test B is a high, inside, and low three-stage, a focusing point arises in a device under test B at next each event, the light income of a light sensing portion E serves as max, and as shown in drawing 3

(a), the focus inspection appearance signals Z and Z occur. Moreover, when light is projected on the inner height location, a focusing point arises in a device under test B at the medium event of the event of Lens A carrying out a closest approach to a device under test B, and the event of maximum-deserting, the light income of a light sensing portion E serves as max, and as shown in drawing 3 (b), the focus inspection appearance signals Z and Z occur. Furthermore, before Lens A maximum-deserts a device under test B, at next each event, a focusing point arises in a device under test B, the light income of a light sensing portion E serves as max, and when light is projected on the high height location, as shown in drawing 3 (c), the focus inspection appearance signals Z and Z occur. Thereby, the location of the lens A at the time of the focus inspection appearance signals Z and Z occurring, i.e., the amplitude of Lens A, corresponds to the distance from the criteria location of optical system to a device under test, and if a device under test B is moved in the direction which intersects perpendicularly with an optical axis, the variation rate of the front face of a device under test B can be measured.

[0010] The configuration and actuation of this conventional displacement gage are explained in full detail using a drawing below. Drawing 4 is the typical block diagram of the conventional displacement gage. The outgoing radiation light of the laser diode 12 driven in the laser power control circuit 11 carries out sequential passage of a beam splitter 13, and a lens 14 and a lens 15, and it is projected on it by the device under test 16. It reflects by the beam splitter 13 through a lens 15 and a lens 14, and incidence of the reflected light from a device under test 16 is carried out to photo diode 18 through pinhole 17a of the optical converging section 17 which forms pinhole 17a. Magnitude phi of pinhole 17a is selected in order to make in a minute path as much as possible by the degree type. The pinhole used here is magnitude comparable as the beam diameter of the outgoing radiation light which pointed out the hole of very small magnitude with a diameter of about several micrometers, and it converged with the lens.

The wavelength of the light of a $\phi=0.61 \times \text{laser diode / NA}$ -- (1)

However, NA is numerical aperture and is a constant shown according to optical system. this formula -- "Rayleigh resolution -- it is drawn by marginal."

[0011] The signal which carried out photo electric translation with photo diode 18 is inputted into amplifier 19, and the output signal X is inputted into operation part 20. The periphery part of a lens 15 is attached at the head of 1 side length **** of the tuning fork 21 which carried out the shape of U character. A lens 15 is vibrated by oscillation of a tuning fork 21 with the predetermined amplitude in the direction of an optical axis of the outgoing radiation light of a laser diode 12. The location detecting-element slack tuning fork amplitude detector 22 which consists of a sensor using the MAG, light, or electrostatic capacity is arranged in the side by the side of the head of 1 side length **** of a tuning fork 21, and the amplitude of a tuning fork 21, i.e., the location of a lens 15, is detected. The detection amplitude signal which the tuning fork amplitude detector 22 detected is inputted into amplifier 23, and the

output signal Y is inputted into operation part 20. The solenoid 24 for vibrating a tuning fork 21 is arranged in the side by the side of the head of side length **** besides a tuning fork 21.

[0012] The control current from the tuning fork amplitude-control circuit 25 is supplied to a solenoid 24, and it is controlled so that the output signal of amplifier 23 may be given to the tuning fork amplitude-control circuit 25 and it may make the amplitude of a tuning fork 21 uniformly. The displacement signal outputted by catching by operation part 20 is inputted into the distance transform section 50.

[0013] Drawing 5 is the block diagram showing the configuration of operation part 20. The output signal X of the amplifier 19 (refer to drawing 4) inputted into operation part 20 is inputted into a differentiator 30 and plus input terminal + of the 1st comparator 31. Reference voltage Vref is inputted into negative input terminal - of a comparator 31. The output signal S30 of a differentiator 30 is inputted into negative input terminal - of the 2nd comparator 32. Plus input terminal + of a comparator 32 is grounded. The output signals S31 and S32 of comparators 31 and 32 are inputted into the 1 side input terminal of AND circuit 33, and the side input terminal else at each **, and the output signal S33 is inputted into the single shot pulse generating circuit 34. The single shot pulse S34 which the single shot pulse generating circuit 34 outputs is given as ON and an off control signal to Switch SW.

[0014] The output signal Y from an amplifier 23 (refer to drawing 4) is inputted into an amplifier 36 through an amplifier 35 and Switch SW. The input side of an amplifier 36 is grounded through the capacitor 37. The amplifier 36 and the capacitor 37 constitute the sample hold circuit 38, and the displacement signal S38 is outputted from an amplifier 36.

[0015] Next, actuation of the displacement gage constituted in this way is explained. If a current is supplied to a solenoid 24 from the tuning fork amplitude-control circuit 25, a field will occur by the solenoid 24. A tuning fork 21 vibrates with the predetermined amplitude by this generating field, and a lens 15 is vibrated in the direction of an optical axis of the light which passes along it. The tuning fork amplitude detector 22 detects the amplitude of a tuning fork 21, i.e., the amplitude of a lens 15, and outputs the amplitude slack sine wave signal of a lens 15. This sinusoidal signal is amplified with amplifier 23, and the output signal Y outputted from amplifier 23 is made to input into operation part 20.

[0016] On the other hand, if an actuation current is supplied to a laser diode 12 from the laser power control circuit 11, a laser diode 12 will carry out outgoing radiation of the laser beam. It is projected on this outgoing radiation light through a beam splitter 13, a lens 14, and a lens 15 to a device under test 16. It reflects by the beam splitter 13 through a lens 15 and a lens 14, and is projected on the reflected light reflected by the device under test 16 to the optical converging section 17 side, and only the light which penetrated pinhole 17a carries out incidence to photo diode 18. Therefore, the reflected light by the stray light which was produced in the device under test 16, under which it went and which was generated with light and a laser

diode 12 will be interrupted by pinhole 17a, and will not pass along pinhole 17a, but will carry out [only the light of the focusing point produced in the device under test 16] incidence to photo diode 18 at photo diode 18.

[0017] By the way, since the lens 15 is vibrated, when the distance of a lens 15 and a device under test 16 changes and predetermined distance is reached If the focusing point of the light projected on the device under test 16 arises in a device under test 16, it becomes max in an instant and the signal according to this light-receiving output is inputted into amplifier 19, the output signal X shown in drawing 6 (a) from amplifier 19 will be outputted, and the light-receiving output of photo diode 18 will be inputted into operation part 20.

[0018] Thus, if an output signal X and an output signal Y are inputted into operation part 20, the output signal S30 of a differential wave which carried out the shape of reverse of S characters as differentiated an output signal X with a differentiator 30 and shown in drawing 6 (b) from a differentiator 30 will be outputted. And the maximum of an output signal X will be detected by T0 at the zero cross event of an output signal S30, and the event of the focusing point of the light projected on the device under test 16 arising will be detected to accuracy. This output signal S30 is inputted into a comparator 32, and a comparator 32 carries out the size comparison of an output signal S30 and the touch-down potential, starts from a comparator 32 by T0 at the zero cross event of an output signal S30, and outputs the output signal S32 of the pulse shown in drawing 6 (d) of the pulse width corresponding to the period of the negative half period of an output signal S30.

[0019] On the other hand, a comparator 31 carries out the size comparison of an output signal X and the reference voltage Vref, and outputs the output signal S31 shown in drawing 6 (c) of the pulse width corresponding to the period which has an output signal X more than reference voltage Vref from a comparator 31. If the logic of these output signals S31 and S32 is materialized, the output signal S33 of the pulse shown in drawing 6 (e) from AND circuit 33 will be outputted, and it will input into the single shot pulse generating circuit 34. Thereby, the single shot pulse generating circuit 34 outputs the single shot pulse S34 shown in drawing 6 (f) which starts synchronizing with the standup of an output signal S33. And Switch SW is made to turn on by this single shot pulse S34.

[0020] If it does so, the output signal Y of the amplifier 35 which amplified the output signal Y is inputted into a sample hold circuit 38 through Switch SW, and a sample hold circuit 38 will sample and hold the signal level of an output signal Y, will amplify it with an amplifier 35, and will output the displacement signal S38. This will sample the level of the output signal Y at the zero cross event of an output signal S30, i.e., the amplitude of an objective lens 15. And the sampled displacement signal S38 is inputted into the distance transform section 50, the displacement signal S38 is changed into the distance according to the displacement signal S38, and the variation rate of the front face of a device under test 16 is measured.

[0021] Drawing 7 is the timing chart of an output signal Y, the single shot pulse S34,

and the displacement signal S38. If the single shot pulse S34 shown in drawing 7 (b) occurs when a focusing point arises in a device under test 16 while the output signal Y is changing as are mentioned above, and shown in drawing 7 (a) corresponding to the location (amplitude) of a lens 15, the level of the output signal Y at the event will be sampled. And if a device under test 16 is moved in the direction which intersects perpendicularly with an optical axis, according to the variation rate of the front face of a device under test 16, as the displacement signal S38 is shown in drawing 7 (a), it changes stair-like, and the level of the displacement signal S38 and the variation rate of the front face of a device under test 16 correspond. Therefore, if the level of an output signal Y is sampled, according to RE ** RU of an output signal Y, the variation rate of a device under test 16 can be measured to high degree of accuracy.

[0022] Moreover, a lens 15 is vibrated, and since the level of the output signal Y at the time of a focusing point arising is sampled and the variation rate of the front face of a device under test 16 is measured, the variation rate can be measured at high speed.

[0023] Drawing 8 is the block diagram showing other configurations of operation part 20. An output signal X is inputted into the peak detector 40, the peak detecting signal SP outputted from the peak detector 40 is inputted into the 1st counter 41, and the counted value is inputted into an arithmetic circuit 42. On the other hand, an output signal Y is inputted into the zero cross detector 43, and the zero cross detecting signal S0 which detected the zero cross is given to the 1st counter 41 and 2nd counter 44. The counted value of a counter 44 is inputted into an arithmetic circuit 42.

[0024] And the result-of-an-operation slack phasing signal S42 is outputted from an arithmetic circuit 42, and it is inputted into the distance transform section 50. The counter 41 is equipped with the latch section, counted value can be latched twice, and counted value is cleared by the zero cross detecting signal S0. The counter 44 is equipped with the latch section, counted value can be latched once, and counted value is cleared by the zero cross detecting signal S0.

[0025] Next, actuation of the displacement gage at the time of using the operation part constituted in this way is explained with drawing 9 which shows the timing chart of an output signal Y, the peak value detecting signal SP, and the zero cross detecting signal S0. If the output signal Y shown in drawing 9 (a) according to the location (amplitude) of a lens is now inputted into the zero cross detector 43, the zero cross event of an output signal Y will be detected, and the zero cross detecting signal S0 shown in drawing 9 (c) from the zero cross detector 43 will be outputted. The counted value of counters 41 and 44 is cleared by that cause, and it continues, and counters 41 and 44 start count actuation and count time amount. And a counter 44 counts the time amount t3 of the event of the 2nd zero cross detecting signal S0 being given from the event of the 1st zero cross detecting signal S0 being given, i.e., the time amount of one period of an output signal Y, and makes the counted value

latch to the latch section.

[0026] The output signal X acquired on the other hand when a focusing point arises in a device under test 16 detects the peak value of an output signal X, outputs the peak detecting signal SP, and inputs peak detector 40 input **** and the peak detector 40 into a counter 41. Thereby, a counter 41 makes the counted value t1 of the event of the 1st peak detecting signal SP being inputted latch to the latch section of a counter 41. The counted value t2 of the event of the 2nd [further] peak detecting signal SP being inputted is made to latch to the latch section of a counter 41. Thus, the latched counted value t1, t2, and t3 is inputted into an arithmetic circuit 42. Thereby, an arithmetic circuit 42 computes the phase of the output signal Y at the output event of the peak detecting signal SP by the inputted counted value t1, t2, and t3 by calculating $\sin^{-1}(t1/t3)$ and $\sin^{-1}(t2/t3)$.

[0027] Thus, the phase of the computed output signal Y is equivalent to the level of the output signal Y at the time of a focusing point arising in a device under test 16, i.e., the location of a lens 15. And the phasing signal S38 which is the result of an operation is outputted from operation part 20 (arithmetic circuit 42), is inputted into the distance transform section 50, changes into distance, and measures the variation rate of the front face of a device under test 16. Thus, even if it asks for the phase of the output signal Y at the time of detecting the peak value of an output signal X, the variation rate of the front face of a device under test 16 can be measured.

[0028] in addition, when pinhole 17a is penetrated and incidence of the reflected light from a device under test 16 is carried out to photo diode 18 Even if the flare of light has arisen in the optical projection location of a device under test 16 by unlicensed light or the stray light Only a strong light when a focusing point arises carries out incidence to photo diode 18, by the reflected light by unlicensed light and the stray light, the light-receiving output of photo diode 18 does not change, and the variation rate of the front face of a device under test can be measured, without giving an error.

[0029] Drawing 10 is the block diagram of other conventional examples of the excitation section. The piezoelectric device CM is fixed to the lateral surface of 1 side length **** of a tuning fork 21, and each lateral surface of side length **** else, and a tuning fork 21 can be vibrated by impressing an electrical potential difference to this piezoelectric device CM.

[0030] Drawing 11 is the block diagram of the conventional example of further others of the excitation section. The periphery parts of a lens 15 and a lens 14 are attached at the head of each ***** of a tuning fork 21, respectively. And it is making as [vibrate / both the lens 15 and the lens 14]. If it does in this way, the weight between one side each length **** of a tuning fork 21 may be equilibrated, and a tuning fork can be made to shake efficiently.

[0031] Drawing 12 is the block diagram of other conventional examples of the optical converging section 17. It is the slit SLT established in the shape of a straight line by predetermined length, and the aperture width of Slit SLT is formed in the

diameter and approximately the same size of pinhole 17a. Although the reflected light from a device under test passes in an excess a little and the light-receiving engine performance of a light sensing portion falls slightly when such a slit SLT is used, positioning at the time of the assembly for letting the specific reflected light of a device under test pass becomes easy.

[0032] The measurement error over such a diving light and the stray light makes small magnitude of the spot of the laser beam which optical converging section F is arranged ahead of a light sensing portion E as shown in drawing 1, and is irradiated to the object at the time of a focusing point, and as neither diving light nor the stray light is received by the light sensing portion E, it is canceled.

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0033] However, when measuring the variation rate of the front face of an object 16 through the matter 50 with translucency as shown in drawing 14 even if it eliminates the effect of diving light or the stray light in this way and a laser beam passes the matter 50 with translucency, it is refracted with this matter and aberration arises in the flux of light. It becomes impossible therefore, to converge the magnitude of the spot of a laser beam on one point.

[0034] In drawing 14, the condition of being completed by the laser beam in case the condition of being completed by the laser beam in case there is no wavy line of 50 matter with translucency is shown and a continuous line has the matter 50 with translucency is shown. When there is matter 50 with translucency so that drawing 14 may show, since aberration arises, a laser beam cannot be completed as one point on an object 16, and there is a problem that the accuracy of measurement falls.

[0035] This invention offers the displacement gage which can measure the variation rate of the front face of an object through the matter of translucency in the displacement gage which measures the variation rate of the front face using the conventional focusing point in view of this problem, and in case [both] there is nothing with the time of there being matter with translucency further, when it is, it aims at offering the displacement gage which measures a surface variation rate with a sufficient precision.

[0036]

[Means for Solving the Problem] The displacement gage concerning this invention has the lens which is completed as a device under test and projects the light in which the light-emitting part carried out outgoing radiation, and the light sensing portion which receives the reflected light from a device under test. It has a migration means to move at least one lens in the direction of an abbreviation optical axis among said lenses. Said especially migration means is an excitation means vibrated with the predetermined amplitude, and said reflected light is received to said light sensing portion through the 1st optical converging section. The 2nd optical converging section which is the displacement gage which measures the variation rate of the front face of a device under test based on the light income which received light, and has been arranged further in the front of said lens moved, and back, It is characterized

by having a means to catch the detection position signal which the location detecting element which detects the location of said lens moved, and said location detecting element output at the maximum event of the light income of said light sensing portion, and a means to ask for the variation rate of the front face of a device under test based on the detection position signal which caught.

[0037]

[Function] In this invention, if the lens as which the light which carried out outgoing radiation is completed is vibrated with the predetermined amplitude in the direction of an abbreviation optical axis, the distance of the lens and device under test which were vibrated will change. When this lens and device under test reach predetermined distance, it is projected on the convergence light by which the effect of aberration has been improved through the lens and the 2nd optical converging section which were vibrated to the device under test. At this time, the focusing point of the light on which it is small carried out and was projected produces the magnitude of a spot in a device under test through the matter with translucency. It is projected on the reflected light from a device under test to the 1st optical converging section, and the reflected light produced in the device under test by unlicensed light and the stray light is interrupted. And only the reflected light from the focusing point location which the focusing point has produced passes the 1st optical converging section, a light sensing portion receives it, and the light income of a light sensing portion becomes max. And the location of the lens at the time of light income becoming max corresponds to the distance from the criteria location of optical system to a device under test. If a device under test is moved in the direction which intersects perpendicularly with an optical axis, the variation rate of the front face of a device under test can be measured.

[0038] Furthermore, the displacement gage which does not have the effect of aberration [in case / both / there is nothing with the time of there being matter with translucency] is realizable by removable or enabling the slide of the 2nd optical converging section.

[0039] That is, when there is no matter with translucency, the optical spot which it converged smaller can be projected on the surface of a device under test by enlarging NA. On the other hand, although it becomes small with the 2nd optical converging section, NA suppresses the effect of aberration, and when there is matter with translucency, since it can project the optical spot which it converged small on the surface of a device under test, it can suppress aggravation of the accuracy of measurement.

[0040]

[Example] This invention is explained in full detail below with the drawing in which the example is shown. Drawing 15 is the typical block diagram of the displacement gage concerning this invention. In addition to the configuration of drawing 4, the 2nd optical converging section 29 is arranged ahead of the lens 15. Moreover, this 2nd optical converging section 29 consists of holes which have a predetermined

diameter, and it is equipped with it in the direction of V possible [a slide] to other optical system. It can be made to be able to move onto the optical axis of laser, and this hole can be arranged, when measuring the variation rate of the front face of an object through the matter with translucency, and it can extract the flux of light of laser now.

[0041] It is about several mm in diameter, and this hole is small set up to the diameter of the flux of light of the part by which the 2nd optical converging section 29 is arranged, and it is desirable that it is one half extent of the diameter of said flux of light preferably.

[0042] A periphery part is passed to an optical axis among the flux of lights shown as the continuous line of drawing 14 , the laser beam currently irradiated by the object is eliminated by this and the aberration of a laser beam becomes small by it as compared with the time of there being no 2nd optical converging section 29.

Therefore, the accuracy of measurement when measuring the variation rate of the front face of an object through the matter of translucency can be raised.

[0043] Furthermore, since it is equipped with the 2nd optical converging section 29 possible [a slide] as mentioned above, a variation rate can be measured, without lowering the accuracy of measurement by evacuating the 2nd optical converging section 29 from the flux of light including an optical axis, when the matter of translucency does not exist.

[0044] Moreover, since this 2nd optical converging section 29 is further constituted from two or more lenses by this example even if it is behind a lens 15 although arranged ahead of the lens 15 in the example, you may be behind a lens 14. That is, when there are two or more lenses, the 2nd optical converging section 29 may be arranged between adjoining lenses.

[0045] Furthermore, although this 2nd optical converging section 29 was a hole in the example, you may be a slit on a having-like slit as 1st optical converging section of drawing 12 -width of face comparable as diameter of aforementioned hole rectangle.

[0046] In addition, although constituted possible [a slide], this 2nd optical converging section 29 may be constituted so that it may be removable.

[0047]

[Effect of the Invention] Since according to this invention it had the 2nd optical converging section in addition to the conventional displacement gage, this optical converging section is arranged the front or behind a lens and it was made still more possible [a slide] or removable as explained in full detail above, when there is no matter of translucency, in addition even if it is a certain case, the variation rate of the front face of a measuring object object can be measured with a sufficient precision.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-320208

(43)公開日 平成8年(1996)12月3日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1. B 11/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1. B 11/00

B

審査請求 未請求 請求項の数8 書面 (全10頁)

(21)出願番号

特願平7-164449

(22)出願日

平成7年(1995)5月25日

(71)出願人 000129253

株式会社キーエンス

大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番14号

(72)発明者 秋山 雅彦

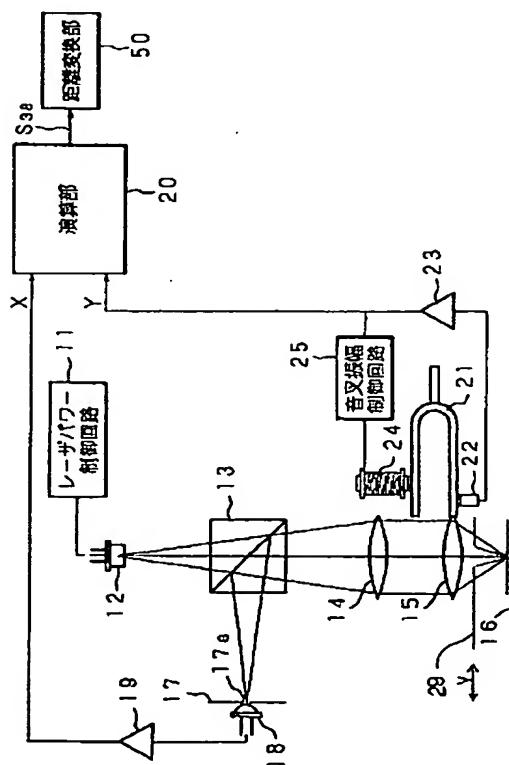
大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番14号 株式会社キーエンス内

(54)【発明の名称】 変位計

(57)【要約】

【目的】 透光性物質を通して被測定物の表面の変位を高精度に測定する。

【構成】 被測定物16に光を投射するレーザダイオード12と、レーザダイオード12と被測定物16との間に配したレンズ15に対して移動可能に配置された第2の光絞り部29を有し、さらにレンズ15を振動させる音叉21と、被測定物16からの反射光が通過するピンホール17aと、ピンホール17aを通った光を受光するホトダイオード18と、ホトダイオード18の受光量最大時点で、レンズ15の検出位置信号を捉える演算部20と、捉えた検出位置信号に基づいて距離に変換する距離変換部50とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光部が出射した光を収束させ、被測定物に投射させるレンズと、被測定物からの反射光を受光する受光部とを有し、該受光部が受光した受光量に基づいて被測定物の表面の変位を測定する変位計において、前記レンズのうち少なくとも1枚のレンズを略光軸方向に移動させる移動手段と、該移動手段により移動されるレンズの位置を検出する位置検出部と、被測定物からの反射光を受光する受光部の前方に配置された第1の光絞り部と、前記位置検出部が出力する検出位置信号を、前記受光部の受光量の最大時点を捉える手段と、捉えた検出位置信号に基づいて被測定物の表面の変位を求める手段と、前記レンズの前方又は後方に配置された第2の光絞り部とを備えることを特徴とする変位計。

【請求項2】 前記移動手段は前記移動されるレンズを所定振幅で振動させる加振手段であり、前記加振手段は前記移動されるレンズを連結した音叉と、該音叉を駆動するソレノイド又は圧電素子により構成してある請求項1記載の変位計。

【請求項3】 前記加振手段の前記音叉の一端及び他端に前記移動されるレンズをそれぞれ連結してある請求項2記載の変位計。

【請求項4】 前記第1の光絞り部を、ピンホール又はスリットにより形成して構成してある請求項1ないし請求項3記載の変位計。

【請求項5】 前記第2の光絞り部を、穴又はスリットにより形成して構成してある請求項1ないし請求項4記載の変位計。

【請求項6】 前記第2の光絞り部である穴の直径又はスリットの幅が前記第2の光絞り部が配置される位置における光束の直径に対して略半分である様に構成されている請求項5記載の変位計。

【請求項7】 前記第2の光絞り部をスライドさせるスライド手段を備える請求項1ないし請求項6記載の変位計。

【請求項8】 前記第2の光絞り部が着脱可能である請求項1ないし請求項6記載の変位計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば金属、樹脂、紙、セラミック等の被測定物の表面に光を投射して、被測定物の表面の変位を測定する変位計に関するものである。ただし、ここで用いる「表面」とは、投射された光が反射する面、即ち界面のことをいう。例えば、ガラス等の透光性のある物質に光を投射した場合、ガラスの表面と裏面で反射が起こるがこの2つの面の両方ともに表面とみなす。

【0002】

【従来の技術】 金属、樹脂等の被測定物の表面の変位を測定する装置には、例えば合焦点検出型非接触変位計が

実用されている。図13は、雑誌「光技術コンタクトV01. 26, No. 11 (1988)」第775頁に示されているフーコー法による合焦点検出型非接触変位計の模式的構成図である。レーザダイオード1の出射光は、レンズ2と光波分割プリズム3と、レンズ4とを通って被測定物5へ投射される。

【0003】 被測定物5からの反射光は、光波分割プリズム3で反射した後、光波分割プリズム6を通り、被測定物5に投射した光の合焦点を検出する、夫々が2分割のホトダイオード7a, 7bへ入射する。ホトダイオード7a, 7bで光電変換された電気信号は差動アンプ8へ入力される。制御部9はレンズ位置制御回路9aとデータ処理回路9bと表示回路9cとで構成されており、レンズ位置制御回路9aには差動アンプ8の出力信号が入力される。レンズ位置制御回路9aから出力される制御信号は、レンズ4を光軸方向へ上、下動させる電磁コイル10へ与えられる。

【0004】 次にこの非接触変位計の動作を説明する。レーザダイオード1から被測定物5へ光を投射すると、被測定物5からの反射光は光波分割プリズム3で反射してホトダイオード7a, 7bへ入射する。ここでレンズ4と被測定物5との距離が変化すると、被測定物からの反射光束の広がり角が変化して、ホトダイオード7a, 7bの受光量に差が生じる。そして差動アンプ8から受光量の差に応じた信号が出力されてレンズ位置制御回路9aへ入力される。そして、被測定物5に、レーザダイオード1からの出射光の合焦点が生じたときにはホトダイオード7a, 7bの各受光量が等しくなり、差動アンプ8の出力信号が消滅する。

【0005】 このようにして、ホトダイオード7a, 7bの受光量に基づいてレーザダイオード1が出射した光の合焦点が被測定物に生じているか否かを検出することになる。ここでホトダイオード7a, 7bの受光量が等しくなるように、つまり被測定物に合焦点が生じるようレンズ位置制御回路9aからの制御信号により電磁コイル10を駆動してレンズ4の位置を上、下動させれば、レンズを上下動させる制御量が被測定物の表面の変位に対応することになり、その制御量により、被測定物の表面の変位を測定している。

【0006】 しかしながら被測定物5に投射した光が被測定物5の内部に潜り込む、所謂潜り光が発生した場合は、被測定物5の表面には潜り光による3次元の光の拡がりが生じることになって、2つのホトダイオード7a, 7bの夫々は合焦点が生じている光と、潜り光により拡がっている光とを受光することになり、ホトダイオード7a, 7bの受光量に差が生じる。ここでいう、「潜り光」は、上述した「表面」による反射光とは別のものであり、例えば、物質の中に入り界面でない部分で反射し、この物質外に出る光は、「表面」による反射光とはいわず、「潜り光」となる。

【0007】一方、それとは別にレーザダイオード1内等で迷光が発生している場合は、被測定物5の表面に合焦点が生じている位置の近くに迷光が投射され、そのため2つのホトダイオード7a, 7bは、合焦点が生じている光と、迷光による光とを受光して、この場合もホトダイオード7a, 7bの受光量に差が生じる。そのため、潜り光又は迷光が生じている場合には、レーザダイオード1が射出した光の合焦点が被測定物5に生じていても、2つのホトダイオード7a, 7bの受光量が等しくならず、被測定物5の表面の変位を測定した値に誤差が生じるという問題がある。ここで言う迷光とは光学機器内で発生する正規の屈折又は反射以外の原因により発生する望ましくない光を指す。

【0008】この問題を解決するため図1に示すような測定方法が提案されている。図1に示すようにレーザダイオードCからの射出光をビームスプリッタD、レンズL及びレンズAを通して被測定物Bに対して収束させ投射する。レンズAを所定振幅で矢印で示す光軸方向に振動させると、レンズAの位置は図2に示す曲線Qのように変化する。そしてレンズAと被測定物Bとの距離が変化する。被測定物Bからの反射光はビームスプリッタDで反射して光絞り部Fを通って受光部Eに入射する。レンズAの振動の1周期内に、被測定物Bに投射した光の合焦点が被測定物B上に2回生じ、合焦点が生じる都度、受光部Eの受光量が最大になる。即ち、レンズAと被測定物Bとが所定距離になったときに被測定物B上に合焦点が生じる。

【0009】そこで、被測定物Bの表面の変位（高さ）が高、中、低の3段階であるとして、その低の高さ位置に光を投射している場合は、レンズAが被測定物Bに最接近する前、後の各時点で被測定物Bに合焦点が生じて*

$$\phi = 0.61 \times \text{レーザダイオードの光の波長} / \text{NA} \quad \dots (1)$$

但し、NAは開口数であり、光学系で示される定数である。この式は「レイリーの分解能限界」により導出されるものである。

【0011】ホトダイオード18で光電変換した信号は増幅器19へ入力され、その出力信号Xは演算部20へ入力されるようになっている。U字状をした音叉21の一側長寸部の先端にはレンズ15の周縁部分が取付けられている。レンズ15は、音叉21の振動により、レーザダイオード12の射出光の光軸方向に所定振幅で振動させられるようになっている。音叉21の一側長寸部の先端側の側方には、例えば磁気、光又は静電容量を利用したセンサからなる、位置検出部たる音叉振幅検出器22が配設されていて、音叉21の振幅、つまりレンズ15の位置を検出するようになっている。音叉振幅検出器22が検出した検出振幅信号は増幅器23へ入力され、その出力信号Yは演算部20へ入力される。音叉21の他側長寸部の先端側の側方には、音叉21を振動させるためのソレノイド24が配設されている。

*受光部Eの受光量が最大となり、図3(a)に示すように合焦点検出信号Z, Zが発生する。また、中の高さ位置に光を投射している場合は、レンズAが被測定物Bに最接近する時点と、最離反する時点との中間時点で被測定物Bに合焦点が生じて受光部Eの受光量が最大となり、図3(b)に示すように合焦点検出信号Z, Zが発生する。更に、高の高さ位置に光を投射している場合は、レンズAが被測定物Bに最離反する前、後の各時点で、被測定物Bに合焦点が生じて受光部Eの受光量が最大となり、図3(c)に示すように合焦点検出信号Z, Zが発生する。これにより、合焦点検出信号Z, Zが発生した時点のレンズAの位置、つまりレンズAの振幅が光学系の基準位置から被測定物までの距離に対応し、被測定物Bを光軸と直交する方向へ移動させると、被測定物Bの表面の変位を測定できる。

【0010】以下この従来の変位計の構成及び動作について図面を用いて詳述する。図4は従来の変位計の模式的構成図である。レーザパワー制御回路11で駆動されるレーザダイオード12の射出光は、ビームスプリッタ13と、レンズ14及びレンズ15とを順次通過して、被測定物16に投射されるようになっている。被測定物16からの反射光はレンズ15と、レンズ14とを通じてビームスプリッタ13で反射し、ピンホール17aを形成している光絞り部17のピンホール17aを通じてホトダイオード18へ入射するようになっている。ピンホール17aの大きさは、次式により可及的に微小な径になすべく選定している。ここで用いられているピンホールは、直径数マイクロメートル程度の微少な大きさの穴を指し、レンズにより収束された射出光のビーム径と同程度の大きさである。

$$\phi = 0.61 \times \text{レーザダイオードの光の波長} / \text{NA} \quad \dots (1)$$

【0012】ソレノイド24には音叉振幅制御回路25からの制御電流が供給され、音叉振幅制御回路25には増幅器23の出力信号が与えられて音叉21の振幅を一定になすべく制御されるようになっている。演算部20で捉えて出力される変位信号は距離変換部50へ入力されるようになっている。

【0013】図5は演算部20の構成を示すブロック図である。演算部20へ入力される増幅器19（図4参照）の出力信号Xは微分器30と、第1の比較器31の正入力端子+に入力される。比較器31の負入力端子-には基準電圧Vrefが入力される。微分器30の出力信号S30は第2の比較器32の負入力端子-へ入力される。比較器32の正入力端子+は接地されている。比較器31, 32の出力信号S31, S32はAND回路33の一側入力端子、他側入力端子へ各別に入力され、その出力信号S33はワンショットパルス発生回路34へ入力される。ワンショットパルス発生回路34が出力するワンショットパルスS34は、オン、オフ制御

信号としてスイッチ SWへ与えられる。

【0014】増幅器 23 (図4参照) からの出力信号 Y は、増幅器 35 と、スイッチ SW とを介して増幅器 36 へ入力される。増幅器 36 の入力側はコンデンサ 37 を介して接地されている。増幅器 36 とコンデンサ 37 によりサンプルホールド回路 38 を構成しており、増幅器 36 から変位信号 S 38 が出力されるようになっている。

【0015】次にこのように構成した変位計の動作を説明する。音叉振幅制御回路 25 からソレノイド 24 に電流を供給すると、ソレノイド 24 により磁界が発生する。この発生磁界により音叉 21 が所定振幅で振動し、レンズ 15 を、それを通る光の光軸方向へ振動させる。音叉振幅検出器 22 は音叉 21 の振幅、即ちレンズ 15 の振幅を検出し、レンズ 15 の振幅たる正弦波信号を出力する。この正弦波信号を、増幅器 23 で増幅し、増幅器 23 から出力される出力信号 Y を演算部 20 へ入力させる。

【0016】一方、レーザパワー制御回路 11 からレーザダイオード 12 に駆動電流を供給すると、レーザダイオード 12 はレーザ光を出射する。この出射光はビームスプリッタ 13、レンズ 14 及びレンズ 15 を通って被測定物 16 へ投射される。被測定物 16 で反射した反射光はレンズ 15 とレンズ 14 を通ってビームスプリッタ 13 で反射して光絞り部 17 側へ投射され、ピンホール 17a を透過した光のみがホトダイオード 18 へ入射する。そのため、ホトダイオード 18 には、被測定物 16 で生じた潜り光及びレーザダイオード 12 で発生した迷光による反射光はピンホール 17a で遮られてピンホール 17a を通らずホトダイオード 18 には、被測定物 16 に生じた合焦点の光のみが入射することになる。

【0017】ところで、レンズ 15 が振動させられているために、レンズ 15 と被測定物 16 との距離が変化し、所定距離に達した時点で、被測定物 16 に投射した光の合焦点が被測定物 16 に生じると、ホトダイオード 18 の受光出力は瞬時に最大となり、この受光出力に応じた信号が増幅器 19 へ入力され、増幅器 19 から図 6 (a) に示す出力信号 X が出力され演算部 20 へ入力される。

【0018】このようにして出力信号 X、出力信号 Y が演算部 20 へ入力されると、出力信号 X は微分器 30 により微分されて微分器 30 から図 6 (b) に示すような逆 S 字状をした微分波形の出力信号 S 30 が出力される。そして出力信号 X の最大値が、出力信号 S 30 のゼロクロス時点 T 0 により検出されて、被測定物 16 に投射した光の合焦点が生じた時点を正確に検出することになる。この出力信号 S 30 が比較器 32 へ入力され、比較器 32 は出力信号 S 30 と接地電位とを大小比較して、比較器 32 から出力信号 S 30 のゼロクロス時点 T 0 で立上り、出力信号 S 30 の負の半周期の期間に対応

するパルス幅の図 6 (d) に示すパルスの出力信号 S 32 を出力する。

【0019】一方、比較器 31 は、出力信号 X と基準電圧 V ref とを大小比較し、比較器 31 から、出力信号 X が基準電圧 V ref 以上にある期間に対応するパルス幅の図 6 (c) に示す出力信号 S 31 を出力する。これらの出力信号 S 31、S 32 の論理が成立すると AND 回路 33 から図 6 (e) に示すパルスの出力信号 S 33 を出力して、ワンショットパルス発生回路 34 へ入力する。それによりワンショットパルス発生回路 34 は、出力信号 S 33 の立上りに同期して立上る図 6 (f) に示すワンショットパルス S 34 を出力する。そしてこのワンショットパルス S 34 によりスイッチ SW をオンさせる。

【0020】そうすると、出力信号 Y を増幅した増幅器 35 の出力信号 Y がスイッチ SW を介してサンプルホールド回路 38 へ入力され、サンプルホールド回路 38 は出力信号 Y の信号レベルをサンプリングして保持し、増幅器 35 で増幅して変位信号 S 38 を出力する。これにより出力信号 S 30 のゼロクロス時点における出力信号 Y のレベル、即ち対物レンズ 15 の振幅をサンプリングすることになる。そしてサンプリングした変位信号 S 38 を距離変換部 50 へ入力して、変位信号 S 38 を、変位信号 S 38 に応じた距離に変換して、被測定物 16 の表面の変位を測定する。

【0021】図 7 は出力信号 Y、ワンショットパルス S 34 及び変位信号 S 38 のタイミングチャートである。前述したようにレンズ 15 の位置 (振幅) に対応して図 7 (a) に示すように出力信号 Y が変化しているときに、被測定物 16 に合焦点が生じた時点で図 7 (b) に示すワンショットパルス S 34 が発生すると、その時点の出力信号 Y のレベルがサンプリングされる。そして被測定物 16 を光軸と直交する方向へ移動させると、被測定物 16 の表面の変位に応じて、変位信号 S 38 は図 7 (a) に示すように階段状に変化して、変位信号 S 38 のレベルと、被測定物 16 の表面の変位とが対応する。そのため出力信号 Y のレベルをサンプリングすれば、出力信号 Y のレベルに応じて被測定物 16 の変位を高精度に測定できる。

【0022】また、レンズ 15 を振動させておいて、合焦点が生じた時点の出力信号 Y のレベルをサンプリングして被測定物 16 の表面の変位を測定するから、その変位を高速度に測定できる。

【0023】図 8 は演算部 20 の他の構成を示すブロック図である。出力信号 X はピーク検出回路 40 へ入力され、ピーク検出回路 40 から出力されるピーク検出信号 S P は第 1 のカウンタ 41 へ入力され、そのカウント値は演算回路 42 へ入力される。一方、出力信号 Y はゼロクロス検出回路 43 へ入力され、ゼロクロスを検出したゼロクロス検出信号 S 0 は第 1 のカウンタ 41 及び第 2

のカウンタ44へ与えられる。カウンタ44のカウント値は演算回路42へ入力される。

【0024】そして演算回路42から演算結果たる位相信号S42が outputされ距離変換部50へ入力されるようになっている。カウンタ41はラッチ部を備えており、カウント値を2回ラッチでき、ゼロクロス検出信号S0によりカウント値がクリアされるようになっている。カウンタ44はラッチ部を備えており、カウント値を1回ラッチでき、ゼロクロス検出信号S0によりカウント値がクリアされるようになっている。

【0025】次にこのように構成した演算部を用いた場合の変位計の動作を、出力信号Y、ピーク値検出信号SP及びゼロクロス検出信号S0のタイミングチャートを示す図9とともに説明する。いま、レンズの位置（振幅）に応じた図9(a)に示す出力信号Yがゼロクロス検出回路43へ入力されると、出力信号Yのゼロクロス時点が検出されて、ゼロクロス検出回路43から図9(c)に示すゼロクロス検出信号S0が出力される。それによりカウンタ41、44のカウント値がクリアされ、続いてカウンタ41、44はカウント動作を開始して時間をカウントしていく。そしてカウンタ44は、1回目のゼロクロス検出信号S0が与えられた時点から2回目のゼロクロス検出信号S0が与えられる時点までの時間、つまり出力信号Yの1周期の時間t3をカウントしてそのカウント値をラッチ部にラッチさせる。

【0026】一方、被測定物16に合焦点が生じたときに得られる出力信号Xがピーク検出回路40に入力されると、ピーク検出回路40は出力信号Xのピーク値を検出し、ピーク検出回路40は出力信号Xのピーク値を検出し、ピーク検出信号SPを出力してカウンタ41へ入力する。これによりカウンタ41は1回目のピーク検出信号SPが入力された時点までのカウント値t1をカウンタ41のラッチ部にラッチさせる。更に2回目のピーク検出信号SPが入力された時点までのカウント値t2をカウンタ41のラッチ部にラッチさせる。このようにしてラッチしたカウント値t1、t2、t3を演算回路42へ入力する。それにより、演算回路42は入力されたカウント値t1、t2、t3により、 $\sin -1(t1/t3)$ 及び $\sin -1(t2/t3)$ を演算してピーク検出信号SPの出力時点の出力信号Yの位相を算出する。

【0027】このように算出した出力信号Yの位相は被測定物16に合焦点が生じた時点の出力信号Yのレベル、つまりレンズ15の位置に対応する。そして、演算結果である位相信号S38が演算部20（演算回路42）から出力されて距離変換部50へ入力され、距離に変換して被測定物16の表面の変位を測定する。このようにして出力信号Xのピーク値を検出した時点の出力信号Yの位相を求めて被測定物16の表面の変位を測定できる。

【0028】なお、被測定物16からの反射光をピンホ

ール17aを透過してホトダイオード18へ入射させた場合には、潜り光又は迷光によって被測定物16の光投射位置に光の拡がりが生じていても、合焦点が生じたときの強い光のみがホトダイオード18に入射し、潜り光及び迷光による反射光により、ホトダイオード18の受光出力が変化することがなく被測定物の表面の変位を誤差を与えずに測定できる。

【0029】図10は加振部の他の従来例の構成図である。音叉21の一側長寸部の外側面及び他側長寸部の外側面夫々に圧電素子CMを固着しており、この圧電素子CMに電圧を印加することにより音叉21を振動させることができる。

【0030】図11は加振部の更に他の従来例の構成図である。音叉21の各側長寸部の先端にはレンズ15及びレンズ14の周縁部分をそれぞれ取付けている。そしてレンズ15及びレンズ14をともに振動させ得るようになっている。このようにすると音叉21の各一側長寸部間の重量を平衡させ得て、音叉を効率良く振らせることができる。

【0031】図12は光絞り部17の他の従来例の構成図である。所定長で直線状に開設したスリットSLTとなっており、スリットSLTの開口幅はピンホール17aの直径と略同寸に形成されている。このようなスリットSLTを用いた場合は、被測定物からの反射光が若干余分に通過し受光部の受光性能が僅かに低下するが、被測定物からの特定の反射光を通すための組立時における位置調整が容易になる。

【0032】このような、潜り込み光や迷光に対する測定誤差は図1に示すように受光部Eの前方に光絞り部Fを配置し、かつ合焦点時の対象物へ照射されるレーザ光のスポットの大きさを小さくし、潜り込み光や迷光が受光部Eにより受光されることのないようにして解消されている。

【発明が解決しようとする課題】

【0033】しかし、このように潜り込み光や迷光の影響を排除しても、図14に示すように透光性のある物質50を通して対象物16の表面の変位を測定する場合、透光性のある物質50をレーザ光が通過するとき、この物質により屈折し、光束に収差が生じる。従ってレーザ光のスポットの大きさを1点に収束することが出来なくなる。

【0034】図14において、波線は透光性のある物質50がない時のレーザ光が収束する状態を示しており、実線は透光性のある物質50がある時のレーザ光が収束する状態を示している。図14からわかるように、透光性のある物質50がある場合は、収差が生じるためレーザ光を対象物16上で1点に収束させることが出来ず、測定精度が低下するという問題がある。

【0035】本発明はかかる問題に鑑み、従来の合焦点を利用した表面の変位を測定する変位計において透光性

の物質を通して対象物の表面の変位を測定できる変位計を提供し、さらには、透光性のある物質がある時とない時の両方の場合において精度よく表面の変位を測定する変位計を提供することを目的とする。

【0036】

【課題を解決するための手段】本発明に係る変位計は、発光部が射出した光を被測定物に収束させ投射するレンズと被測定物からの反射光を受光する受光部を有し、前記レンズのうち少なくとも1枚のレンズを略光軸方向に移動させる移動手段を備え、特に前記移動手段が所定振幅で振動させる加振手段であり、前記反射光を第1の光絞り部を通して前記受光部に受光し、受光した受光量に基づいて被測定物の表面の変位を測定する変位計であり、さらに前記移動されるレンズの前方、後方に配置された第2の光絞り部と、前記移動されるレンズの位置を検出する位置検出部と、前記位置検出部が outputする検出位置信号を、前記受光部の受光量の最大時点を捉える手段と、捉えた検出位置信号に基づいて被測定物の表面の変位を求める手段とを備えることを特徴とする。

【0037】

【作用】本発明では、射出した光を収束させるレンズを略光軸方向に所定振幅で振動させると、振動させられたレンズと被測定物との距離が変化する。このレンズと被測定物とが所定距離に達したとき、被測定物に対して振動させられたレンズ及び第2の光絞り部を通して収差の影響が改善された収束光が投射される。この時スポットの大きさは小さくされており、投射された光の合焦点が透光性のある物質を介して被測定物に生じる。被測定物からの反射光が第1の光絞り部へ投射されて、潜り光及び迷光によって被測定物に生じた反射光が遮られる。そして合焦点が生じている合焦点位置からの反射光のみが第1の光絞り部を通過し、それを受光部が受光し、受光部の受光量が最大になる。そして、受光量が最大になった時点のレンズの位置が、光学系の基準位置から被測定物までの距離に対応する。被測定物を光軸と直交する方向へ移動させると被測定物の表面の変位を測定できる。

【0038】さらに、第2の光絞り部を着脱可能又はスライド可能にすることにより透光性のある物質のある時とない時の両方において収差の影響のない変位計を実現することが出来る。

【0039】即ち、透光性のある物質がない時は、NAを大きくすることにより、より小さく収束された光スポットを被測定物の表面に投射することができる。一方、透光性のある物質のある時は、NAは第2の光絞り部により小さくなるものの、収差の影響を抑え、小さく収束された光スポットを被測定物の表面に投射できるので測定精度の悪化を抑えることができる。

【0040】

【実施例】以下本発明をその実施例を示す図面により詳述する。図15は本発明に係る変位計の模式的構成図で

ある。図4の構成に加えてレンズ15の前方に第2の光絞り部29が配置されている。またこの第2の光絞り部29は、所定の直径を有する穴で構成されており、他の光学系に対してV方向にスライド可能に装着されている。この穴は透光性のある物質を通して対象物の表面の変位を測定する時にレーザの光軸上に移動させて配置することが出来、レーザの光束を絞ることが出来るようになっている。

【0041】この穴は、例えば直径数ミリメートル程度であり、第2の光絞り部29が配置されている部分の光束の直径に対して小さく設定されており、好ましくは前記光束の直径の半分程度であることが望ましい。

【0042】このことにより、図14の実線で示される光束のうち、光軸に対して外周部分を通過して対象物に照射されていたレーザ光が排除され、レーザ光の収差が第2の光絞り部29がなかったときと比較して小さくなる。従って、透光性の物質を通して対象物の表面の変位を測定するときの測定精度を向上させることが出来る。

【0043】さらに、前述したように第2の光絞り部29はスライド可能に装着されているので、透光性の物質が存在しないときには第2の光絞り部29を光軸を含む光束から退避させることにより測定精度を下げることなく変位を測定できる。

【0044】また、この第2の光絞り部29は実施例においてはレンズ15の前方に配置されていたが、レンズ15の後方であっても、さらにこの実施例では複数枚のレンズから構成されているので、レンズ14の後方であってもよい。即ち、複数枚のレンズがある時は、隣接するレンズ間に第2の光絞り部29が配置されていてもよい。

【0045】さらに、この第2の光絞り部29は実施例においては穴であったが、図12の第1の光絞り部としてのスリットと同様に前記の穴の直径と同程度の幅を有する矩形上のスリットであってもよい。

【0046】加えて、この第2の光絞り部29は、スライド可能に構成されているが、着脱可能であるように構成されていてもよい。

【0047】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、従来の変位計に加えて第2の光絞り部を備え、この光絞り部をレンズの前方又は後方に配置し、さらにスライド可能又は着脱可能にしたので、透光性の物質のない時に加えて、ある場合であっても、測定対象物の表面の変位を精度よく測定することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の変位測定方法の原理の説明図である。

【図2】図1のレンズAの振幅を示す信号の波形図である。

【図3】合焦点が生じたときの受光部の受光量変化と、レンズAの振幅との関係を示す波形図である。

【図4】従来の変位計の模式的構成図である。
 【図5】演算部の構成を示すブロック図である。
 【図6】演算部における各部信号波形である。
 【図7】演算部における各部信号のタイミングチャートである。
 【図8】演算部の他の構成を示すブロック図である。
 【図9】図8に示す演算部における各部信号のタイミングチャートである。
 【図10】加振部の他の従来例を示す構成図である。
 【図11】加振部の他の従来例を示す構成図である。
 【図12】第1の光絞り部の他の従来例を示す構成図である。
 【図13】従来の非接触変位計の模式的構成図である。
 【図14】透光性のある物質を通して対象物の表面の変*

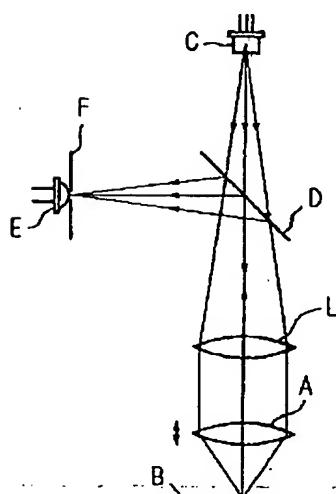
* 位を測定する時に発生する収差の発生を説明するための模式図である。

【図15】本発明に係る変位計の模式的構成図である。

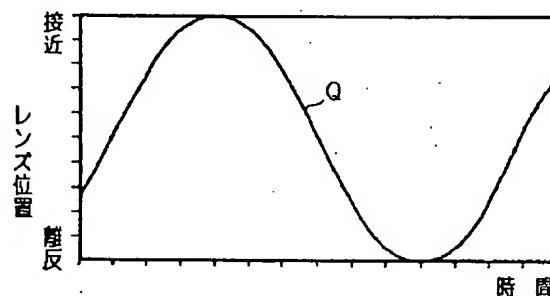
【符号の説明】

12 レーザダイオード
 14, 15レンズ
 16 被測定物
 17 第1の光絞り部
 18 ホトダイオード
 10 20 演算部
 21 音叉
 22 音叉振幅検出器
 24 ソレノイド
 29 第2の光絞り部

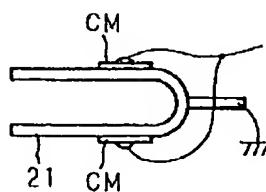
【図1】



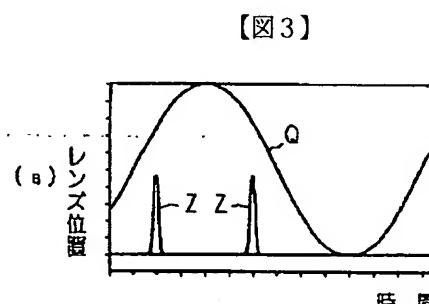
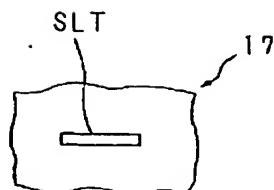
【図2】



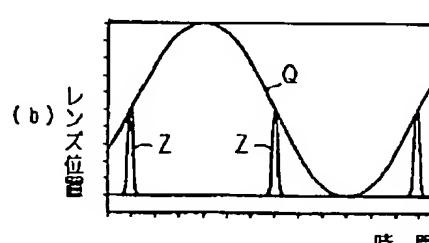
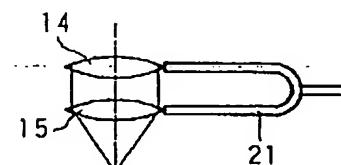
【図10】



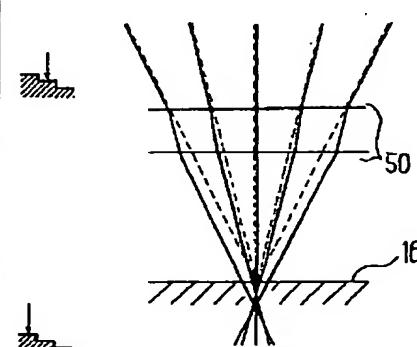
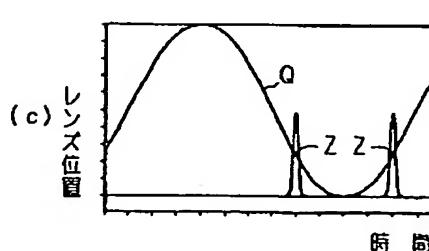
【図12】



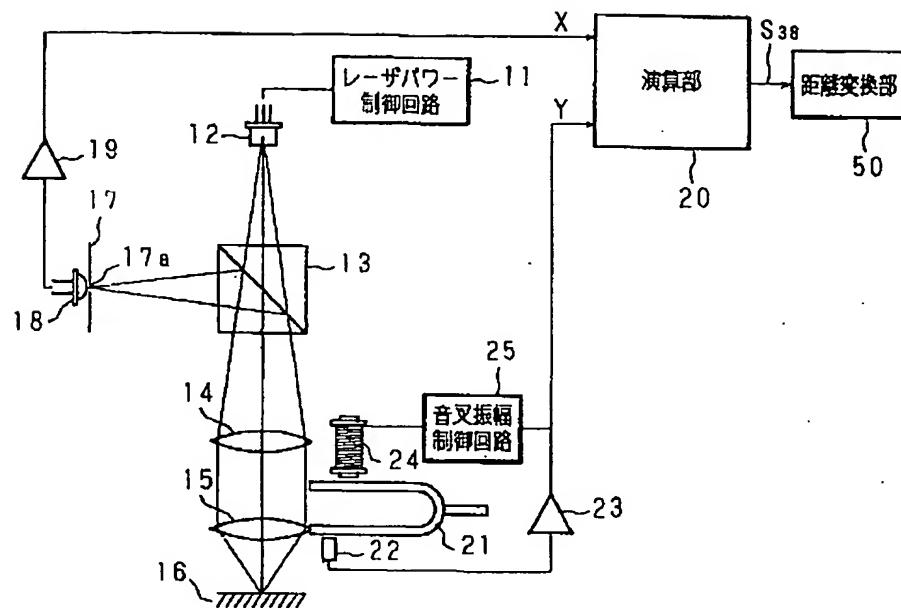
【図11】



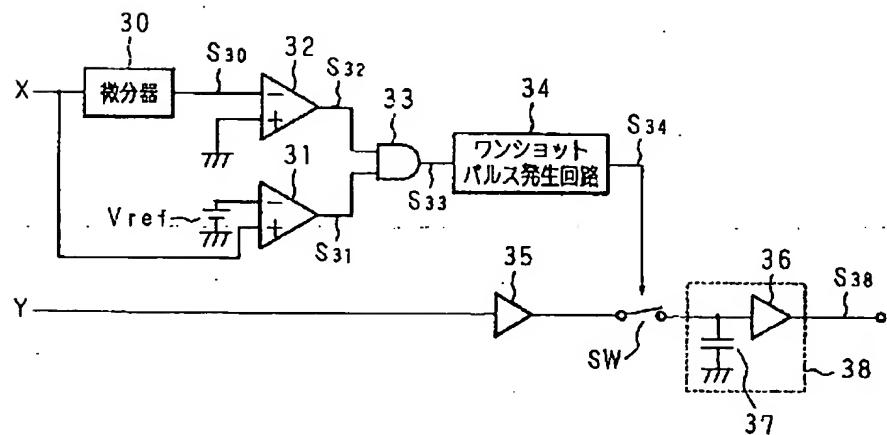
【図14】



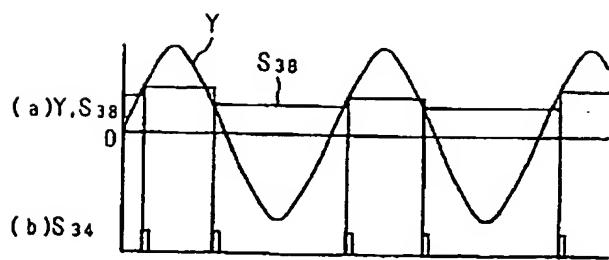
【図4】



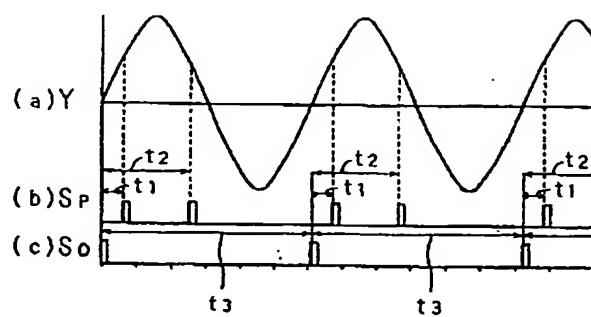
【図5】



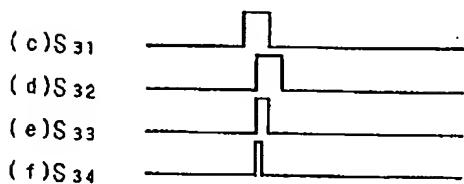
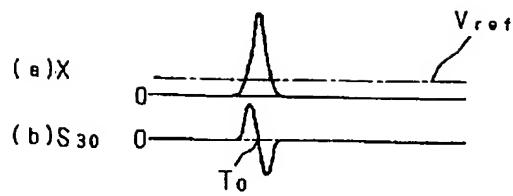
【図7】



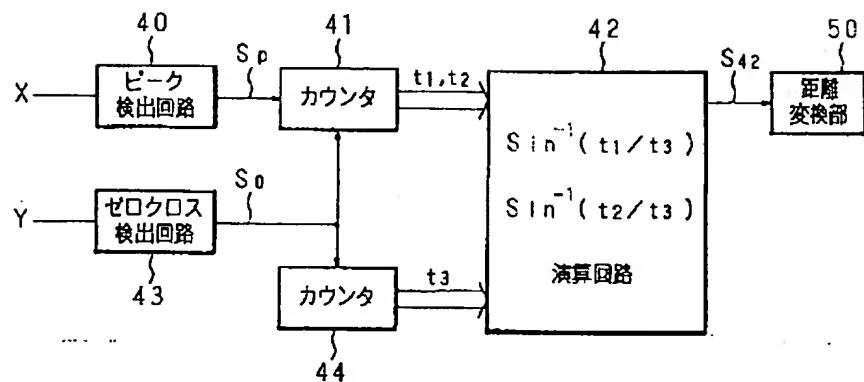
【図9】



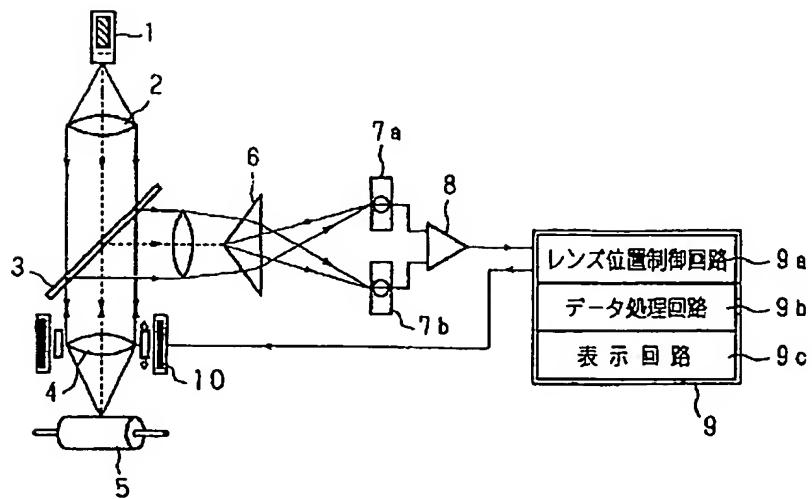
【図6】



【図8】



【図13】



【図15】

